

ВИКОРИСТАННЯ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ У ФАЗОВИХ ВИМІРЮВАННЯХ

Білінський Й. Й. д.т.н., професор; Керсов О. П. аспірант

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Фазові вимірювання є важливою задачею сучасності та використовуються в багатьох галузях науки і промисловості, наприклад радіолокації, радіонавігації, радіофізиці та ін. Фазові вимірювання також використовуються у приладах для виміру відстаней, геометричних та фізичних параметрів об'єктів тощо [1].

На сьогодні відомо багато методів фазових вимірювань: метод компенсації фази, метод перетворення часового інтервалу, цифровий метод підрахунку кількості імпульсів, метод вимірювання фази з перетворенням частоти, квадратурний метод, синхронне детектування, методом перетворення Фур'є, перетворення Гілберта, та ін [1–3]. Проте усі ці методи мають обмежений діапазон вимірювання менше одного періоду, оскільки вноситься неоднозначність, що потребує застосування додаткової апаратури та проведення додаткових обчислень. Тому на сьогодні задача фазових вимірювань у широкому діапазоні все ще залишається актуальною [2, 3].

В роботі запропоновано підхід до фазових вимірювань у широкому діапазоні, оснований на використанні сигналу складної форми. Сигнал складної форми (рис. 1, а, 1, в) представляється комбінацією двох або більше синусоїдних складових з частотою f різної амплітуди, кожна з яких має протяжність в один період. Причому, всі складові окрім першої повинні мати відмінну від неї амплітуду з різницею, достатньою для виявлення за допомогою технічних засобів [2, 3]. Сигнали такої форми та їх частотний спектр таких сигналів показані на рис. 1, а та 1, б відповідно. Результат зсуву фаз опорного і вимірюваного сигналів матиме певну форму при відповідному фазовому зсуву від 0 до 360 градусів та більше 360 градусів. Результируючий сигнал, отриманий складанням початкових сигналів показаний на рис 1, в. Фазовий зсув можна визначити шляхом аналізу частотного спектру (рис. 1, г), який однозначно відрізняється для певних значень фазового зсуву [4].

Результати, отримані шляхом аналізу частотного спектру, підтверджують можливість однозначного визначення фазового зсуву в широкому діапазоні [4].

Аналіз частотного спектру (рис. 1, г) сигналу складної форми (рис. 1, в), який містить дві складові амплітуди показав, що частотний спектр таких сигналів містить три основні складові, амплітуда яких залежить від кута зсуву фази між початковими сигналами.

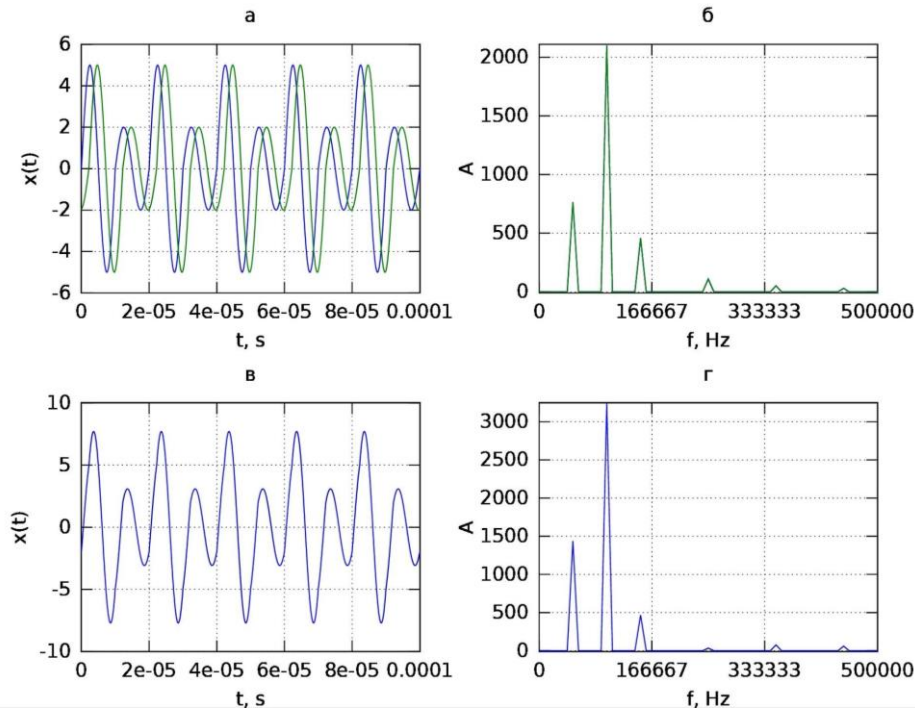


Рисунок 1. Сигнали складної форми, між якими вимірюється фазовий зсув (1, а), частотний спектр даних сигналів (1, б), результат накладання двох сигналів складної форми (1, в), частотний спектр результуючого сигналу (1, г)

На рис. 2 графічно показано зміну амплітуди трьох основних складових частотного спектру результуючого сигналу (рис. 1, в). При дослідженні тільки основної частотної складової неможливо точно встановити зсув фази більше 360 градусів. Проте, якщо розглядати одразу три складові то можна зробити висновок що амплітудні значення кожної складової окремо відрізняються в межах 0 – 360 градусів, та вище 360 градусів, що дозволяє визначити зсув фази у широкому діапазоні.

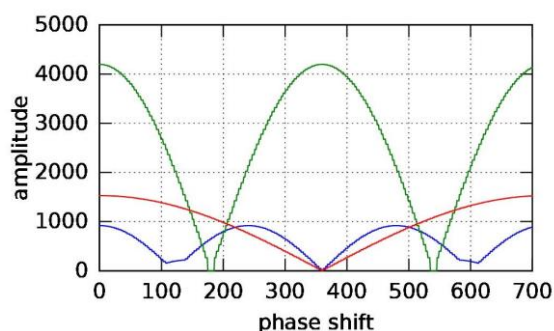


Рисунок 2. Відношення амплітуди відповідних складових частотного спектру результуючого сигналу від кута фазового зсуву

В роботі запропоновано підхід до фазових вимірювань у широкому діапазоні, оснований на використанні сигналу складної форми, шляхом математичного моделювання доведено можливість його застосування. Так, наприклад, частотний спектр (рис. 1, б) сигналу складної форми (рис. 1, а) з амплітудними складовими 5 і 2 умовних одиниць і частотою 100 кГц містить три основні складові: 50, 100 і 150 кГц з амплітудами 763.76, 2100 та 485.55

умовних одиниць відповідно. При накладанні двох сигналів з фазовою різницею 80 градусів частотний спектр результуючого сигналу (рис. 1, г) міститиме три основні складові з такими ж частотами як у вхідних сигналів, але з амплітудами 1437.21, 3236.16, 466.85 відповідно. Комбінація трьох основних складових частотного спектру сигналів складної форми дає змогу точно визначити зсув фази в широкому діапазоні.

Перелік посилань

1. Квочкин А. И. Параметрический метод определения разности фаз квазигармонических сигналов / А. И. Квочкин, А. В. Никитин, В. К. Игнатьев. // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №3. – С. 83.
2. Білінський Й. Й. Метод вимірювання різниці фаз у широкому діапазоні / Й. Й. Білінський, О. П. Керсов. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №15. – С. 51.
3. Білінський Й. Й. Метод розширення діапазону вимірювання різниці фаз / Й. Й. Білінський, О. П. Керсов, М. О. Стасюк. // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах. – 2015. – С. 98.
4. Пат. 113221 Україна, МПК(2016.01)G01R 25/00. Спосіб вимірювання зсуву фази при розширенні діапазону / Й. Й. Білінський, О. П. Керсов ; власник Вінницький національний технічний університет. – № 201605256 ; заявл. 16.05.2016 ; опублік. 25.01.2017, Бюл. № 2. – 7 с.

Анотація

Проаналізовано основні методи фазових вимірювань, виявлено їх основні недоліки, запропоновано підхід до фазових вимірювань у широкому діапазоні, доведено можливість його застосування.

Ключові слова: зсув фаз, діапазон зміни фази, зміна амплітуди сигналу, сигнал складної форми, синтез сигналів

Анотация

Проанализированы основные методы фазовых измерений, выявлены их основные недостатки, предложен подход к фазовым измерениям в широком диапазоне, доказана возможность его применения.

Ключевые слова: сдвиг фаз, диапазон изменения фазы, изменение амплитуды сигнала, сигнал сложной формы, синтез сигналов

Abstract

Basic phase measurement methods are analyzed, their imperfections are identified, approach of phase measuring in wide range is proposed, application of the method is proved.

Keywords: phase difference, range of phase change, changes in signal amplitude, signal complex shape, signal synthesis